

УТВЕРЖДАЮ

Директор «ГИ УрО РАН»,

Д-р техн. наук, профессор

И.А. Санфиоров

2023 год



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию **Борисовского Ивана Анатольевича** на тему: «Аэрологическое обоснование комбинированных схем проветривания глубоких золоторудных карьеров Арктической зоны России», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

1. Актуальность темы выполненной работы и её связь с соответствующими отраслями науки и практической деятельности

Повышение производительности добычных работ в карьерах ведёт к снижению экологической и аэрологической безопасности. Пыль и вредные газы, накапливаясь в воздухе, ухудшают условия труда горнорабочих, а при выносе за пределы карьера оказывают негативное влияние на окружающую среду. Климатическим условиям Арктического региона свойственны отрицательные температурные градиенты воздуха, что способствует образованию застойных рециркуляционных зон при естественном проветривании карьеров с накоплением вредных примесей. Актуальность диссертационной работы обусловлена её направленностью на решение данной проблемы с помощью разработки и обоснования эффективных способов своевременного разрушения этих зон с нормализацией проветривания карьерного пространства.

2. Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Смоделировано поле скоростей движения воздуха в карьере в зависимости от вертикальной стратификации температуры применительно к условиям Арктики.

Установлена связь между расположением и объёмом образующихся застойных рециркуляционных зон в карьере с величиной температурного градиента.

Проанализированы и обоснованы возможности решения проблемы образования застойных зон, опасных по накоплению вредных примесей, путём принудительной подачи воздуха в эти области.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-67 от 08.06.23
АУ УС

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные научные результаты и рекомендации подтверждаются использованием в процессе исследований современных программных средств моделирования, сопоставимостью данных натуральных измерений и результатов моделирования, соответствием используемых математических моделей фундаментальным физическим законам.

4. Значимость для науки и практической деятельности полученных соискателем результатов

Разработан и запатентован способ превентивного воздействия на области карьерного пространства, потенциально опасные в отношении развития рециркуляции и накопления загрязняющих веществ.

Дана количественная оценка эффективности использования принудительной вентиляции карьера через систему подземных горных выработок и с помощью системы подвешенных на тросах гибких трубопроводов.

Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 7 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой 10 степени доктора наук, в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получен 1 патент.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость заключается в разработке трехмерных математических моделей, позволяющих осуществлять вариантные численные расчеты аэротермодинамических процессов в глубоких золоторудных карьерах Арктической зоны России с учетом вариативности температурных параметров воздушной среды на поверхности, геометрических размеров карьерного пространства и технологии работ по добычи полезного ископаемого.

Практическая значимость заключается в обосновании эффективности способа превентивного воздействия на области карьерного пространства, потенциально опасные с точки зрения развития зон рециркуляции и последующего накопления загрязняющих веществ. Предлагаемый способ защищен патентом на изобретение № 2760181 от 26.04.2021. Получен акт внедрения от 07.11.2022.

6. Структура и содержание работы

Первая глава диссертационной работы посвящена особенностям формирования и управления параметрами воздушной среды при разработке глубоких карьеров. Автором

изучено влияние аэротермодинамических условий на безопасность разработки месторождения открытым способом. Осуществлен детальный анализ факторов, определяющих аэротермогазодинамические условия разработки месторождения полезных ископаемых открытым способом. Рассмотрены методы нормализации параметров рудничной атмосферы в карьерном пространстве.

Вторая глава посвящена теоретическим методам исследования особенностей формирования воздушной среды в карьерном пространстве. Автором изучены аналитический метод, численный метод и метод математического моделирования исследования воздушной среды в карьере.

Третья глава диссертации посвящена натурным исследованиям параметров воздушной среды на действующем месторождении Крайнего Севера. Проведен анализ концентраций и химического состава воздушной среды на местах выполнения работ в карьере, включая физико-химический анализ рудничной атмосферы и анализ ретроспективных данных по загрязнению атмосферы в карьере; анализ результатов измерения концентраций загрязняющих веществ на рабочих местах; прогнозную оценку по результатам измерений концентрации. Также проведен анализ метеорологических параметров воздушной среды в карьерном пространстве, в том числе анализ измерений скоростных и температурных характеристик воздушной среды в карьере.

В четвертой главе диссертационного исследования представлены результаты математического моделирования процессов аэротермодинамических процессов при разработке карьеров. Представлена методология разработки аэродинамической модели карьерного пространства золоторудного месторождения. Проведена верификация аэродинамической модели Ansys Fluent. Осуществлены оценки влияния аэродинамических процессов на экологическую обстановку в карьере золоторудного месторождения; эффективности естественного проветривания на различных этапах развития золоторудного месторождения; влияния температурных условий на эффективность естественного проветривания в карьере золоторудного месторождения.

Пятая глава работы посвящена разработке рекомендаций по повышению эффективности обеспечения нормативных условий на рабочих местах в карьере. В ней приводятся результаты оценки влияния скорости и направления движения воздушного потока на эффективность естественного проветривания в карьере золоторудного месторождения. Автор обосновывает применение подземных горных выработок для повышения эффективности естественной вентиляции в карьере; предлагает комбинированное применение гибких трубопроводов и подземных горных выработок для интенсификации естественной вентиляции в карьере.

Заключение достаточно полно отображает полученные научные результаты работы и содержит перечень перспективных научных направлений, развитие которых возможно с использованием разработанного автором аэрологического обоснования комбинированных схем проветривания глубоких золоторудных карьеров Арктической зоны России.

7. Личный вклад автора

Заключается в разработке математической модели полей температуры и скорости движения воздуха в карьерном пространстве; проведении численных расчетов и получении опытных данных в условиях действующего месторождения; обосновании технического решения по улучшению проветривания карьера.

8. Реализация работы

Результаты диссертационной работы внедрены в проект вентиляции золоторудного карьера горнодобывающего предприятия АО «Полюс Магадан» и могут быть реализованы в дальнейшем в проектной деятельности «ЗАО «Санкт-Петербургская горная проектно-инжиниринговая компания» для совершенствования технических решений по проветриванию карьеров при глубине горных работ более 200 метров.

9. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Полученные результаты, направленные на предотвращение процессов накопления вредных газов и пыли в глубоких карьерах, могут быть использованы при проектировании и эксплуатации карьеров, расположенных в Арктической зоны, что позволит повысить безопасность разработки полезных ископаемых открытым способом.

10. Замечания к работе

1. В формулировке второго научного положения непонятно, что подразумевается под положительным и отрицательным направлениями применительно к градиенту температурного поля в карьерном пространстве по простиранию.

2. В первой обзорной главе показателем вертикальной неустойчивости атмосферы карьера является позаимствованный из метеорологии адиабатический температурный градиент. Далее по тексту диссертации при моделировании конвективного движения воздуха в карьере фигурируют в основном его плотностные характеристики. Остаётся непонятным, должна ли определяться устойчивость или неустойчивость столба воздуха в карьере отклонением температуры воздуха от адиабатического градиента или отклонением распределения плотности воздуха по высоте от постоянного значения.

3. На рис. 3.4. графически представлены экспериментальные данные по росту концентраций вредных примесей в карьере по с 2013 по 2020 годы, из анализа которых сделан странный вывод о том, что на текущий момент эти концентрации достигли и даже на 3% превысили ПДК в отношении оксида углерода и диоксида серы, хотя это данные 2020 года. Если экстраполировать приведённые на рисунке графики на два последующих года, то превышение ПДК по концентрациям всех примесей получается, минимум, в 2 раза. Данные за 2021–2022 годы отсутствуют, а текущим моментом является не 2020, а 2023.

4. Термин «температурные инверсии» фигурирует в тексте диссертации около 100 раз, причём почему-то в разных смыслах. В первой и второй главах он означает аномальное вертикальное распределение температуры воздуха, температура и плотность которого увеличивается с глубиной, что способствует образованию застойных зон. Начиная с третьей главы, температурная инверсия может быть положительной, отрицательной и нулевой, и это, по-видимому, означает, что под этим термином подразумевается уже не аномальное распределение температуры воздуха, а любое. Неоднозначность смысла одного из ключевых терминов работы затрудняет её понимание.

5. В 5-ой главе (с.117) сказано: «В процессе последующего моделирования установлено, что с увеличением скорости движения воздушного потока по Земной поверхности аэрологическая обстановка на рабочих местах в карьере ухудшается». Данный вывод представляется не полным, поскольку с постепенным уменьшением скорости ветра до нуля аэрологическая обстановка также должна ухудшаться из-за прекращения ветрового проветривания.

11. Заключение

Оценивая диссертацию в целом, можно заключить, что диссертация **Борисовского Ивана Анатольевича** на тему «**Аэрологическое обоснование комбинированных схем проветривания глубоких золоторудных карьеров Арктической зоны России**», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», представляет собой законченную научную работу, имеющую научную новизну, теоретическую и прикладную значимость. Ее основные положения опубликованы в 2-х работах из перечня ВАК и 2-х в работах из базы цитирования Scopus, зарегистрирован 1 патент. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации и отражает ее основные положения.

Диссертационная работа «Аэрологическое обоснование комбинированных схем проветривания глубоких золоторудных карьеров Арктической зоны России», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Борисовский Иван Анатольевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Борисовского Ивана Анатольевича** обсужден и утвержден на заседании на заседании научно-технического совета «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук», протокол № 5 от 29 мая 2023 г.

Заведующий отделом аэрологии и
теплофизики «ГИ УрО РАН»,
д-р техн. наук, чл.-кор. РАН



Левин Лев Юрьевич

Ученый секретарь
«ГИ УрО РАН»,
д-р техн. наук

Семина Михаил
Александрович

Подписи сотрудников «Горного института Уральского отделения Российской академии наук», д-р техн. наук, чл.-кор. РАН Левина Льва Юрьевича и д-р техн. наук Семина Михаила Александровича удостоверяю.

Главный специалист
по кадрам
«ГИ УрО РАН»



Дерюженко С.Г.

Сведения о ведущей организации:

«Горный институт Уральского отделения Российской академии наук» - филиал
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального
исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук»

Почтовый адрес: 614007, Пермский край, г. Пермь, ул. Сибирская, д.78-А

Официальный сайт в сети Интернет: mi-perm.ru

Эл. почта agc@mi-perm.ru

Телефон: +7 (342)216-75-02